

«Комплексний метод визначення характеристик турбулентних зсувних течій на основі суперпозиції технологій Рейнольда та великих вихорів»

Основні наукові результати

Основна наукова новизна роботи полягає в створенні нової методології побудови гібридних алгебраїчно-диференціальних моделей турбулентності та розробці комплексного розрахункового методу на її основі, що дозволило отримати принципово нові, вагомі та значимі результати фундаментального рівня, а саме:

- У нелінійній постановці вперше побудовані математичні моделі турбулентного пристінного руху, що забезпечують можливість досліджень спільного впливу кількох різних за фізичним механізмом факторів впливу на структуру течії завдяки локальному принципу їх застосування.

- У дослідженні вперше запропоновано побудову гібридної моделі, що об'єднує дві різнотипні моделі: алгебраїчну та диференціальну. Модель відповідає зонному підходу, локалізуючи дію алгебраїчної складової внутрішньою областю, а диференціальної – зовнішньою. Такий підхід, забезпечуючи її складовим зазначені переваги локального використання, також ефективно гальмує і їхні локальні недоліки, а саме неспроможність врахування нелокальності структури турбулентності зовнішньої області алгебраїчною моделлю та фізичну необґрунтованість $k - \varepsilon$ моделі біля стінки. У якості принципу об'єднання застосовано добре апробовану раніше асимптотику гіперболічного тангенса.

- На основі побудованих математичних моделей уперше виконані теоретичні дослідження одночасного впливу ряду методів керування турбулентним вихроутворенням в примезових шарах та пристінних струменях у широкому діапазоні геометричних та режимних параметрів.

- Розроблена ефективна числова методологія розрахунку властивостей пристінних турбулентних течій, що дозволяє отримати детальну інформацію про їх вихрову структуру, а також розвинені відповідні ефективні паралельні алгоритми її реалізації.

Значимість отриманих наукових результатів: полягає у тому, що розв'язанням суттєвої наукової та науково-технічної проблеми, яка має вагому технічну значущість і буде сприяти розвитку не тільки аеродинаміки літальних апаратів, але й промислової аеродинаміки, гідродинаміки, метеорології тощо.

Практична цінність

Результати, отримані при виконанні проекту, як перспективний розрахунковий метод можуть бути цікаві з точки зору удосконалення технологій проектування та оптимізації сучасної авіаційної техніки різноманітного призначення, а, отже, зацікавити науковців і інженерних працівників низки інститутів Національної академії наук України, університетів, конструкторських бюро та підприємств відповідних галузей, зокрема: Інститут гідромеханіки НАНУ; Інститут технічної теплофізики НАНУ; Інститут технічної механіки та космічних досліджень; Інститут механіки НАНУ; Інститут математики НАНУ; АНТК "Антонов"; Національні університети Києва, Харкова, Дніпропетровська тощо.

Результати проведеного дослідження можуть бути ефективно застосовані підприємствами-розробниками та проектувальниками аерокосмічної та іншої транспортної техніки при вирішенні багатьох задач, так чи інакше пов'язаних з оптимізацією характеристик течій рідин чи газів з метою забезпечення мінімізації опору тертя, покращення аеродинамічної якості, збільшення діапазонів експлуатаційних режимів. Побудовані моделі та розрахункові методи, і, в цілому, методологія розрахунків обтікання поверхонь знайдуть ефективне використання при вирішенні складних проблем, обумовлених наявністю рухомих рідин чи газів у машинобудуванні, суднобудуванні, тепловозобудуванні, хімічній промисловості тощо.

Крім того, використання технології обчислень за розробленим комплексним методом дає змогу відтворити широке розмаїття масштабів вихрових структур, а тому, у поєднанні із існуючими комп'ютерними технологіями візуалізації та анімації дозволяє бачити процес моделювання турбулентного руху безпосередньо на екрані монітора, що може стати наочним прикладом ефективності сучасних комп'ютерних методів досліджень складних фізичних процесів при здійс-

сненні навчального процесу з аерогідродинаміки, теорії авіаційних двигунів, математики, фізики, числових методів, інформаційних технологій тощо.

Отже здобуті результати є розв'язанням вагомої для народного господарства задачі, вони мають беззаперечні конкурентоспроможність, практичну актуальність та соціально-економічну значимість і можуть бути використані в ряді суміжних галузей науки і технології, а тому є інвестиційно привабливими.

Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах

Монографії:

1. Кулик М.С., Мовчан В.Т., Шквар Є.О. "Математичне моделювання пристінної турбулентності". – К.: НАУ, 2012.

Статті у зарубіжних виданнях, які входять до науко-метричних баз даних:

1. Корнилов В.И. Моделирование турбулентных пограничных слоев на теле вращения при наличии разрушителей крупных вихрей / В.И. Корнилов, Е.А. Шквар // Теплофизика и аэромеханика. Изд-во ИТТФ СО РАН, - N 3. - 2010, - С. 335-348.

2. Шквар Е.А. Математическое моделирование турбулентных пограничных слоев и разработка комбинированных методов управления структурой турбулентности / Е.А. Шквар, В.Т. Мовчан, Т.В. Козлова // Самолетостроение России. Проблемы и перспективы: симпозиум с международным участием, 2-5 июля, 2012 г.: тезисы докл. – Самара, 2012. – С. 442–444.

Статті у фахових наукових виданнях:

1. Шквар Є.О. Математичне моделювання турбулентних пристінних течій, модифікованих пристроями руйнування великих вихорів / Є.О. Шквар // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – Харків., ХУПС. – 2010. – вип.1 (23). – С. 170-177

2. Шквар Є.О. Інтегрована гібридна технологія паралельних обчислень / Є.О. Шквар // Інтегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал НТУ (ХП). – Харків: НТУ (ХП). – 2010. – № 1, – С. 86-99

3. Мовчан В.Т. Різномірні математичні моделі коефіцієнта турбулентної в'язкості / В.Т. Мовчан, Е.А. Шквар // В зб.: Прикладна гідромеханіка. – К.: ІГМ. – 2010. – Т. 12 (84). – №1. – С. 55-67.

4. Шквар Є.О. Взаємодія примезових шарів зі слідами за пристроями руйнування великомасштабної турбулентності / Є.О. Шквар // Вісник Інженерної академії України, – 2010. – Вип.1. – С. 134-140

5. Шквар Є.О. Математичне моделювання турбулентних пристінних струменів на рифленій поверхні / Є.О. Шквар // Збірник ХУПС та ЦНДІНУ "Системи управління, навігації та зв'язку", – К.: ЦНДІНУ. – 2010. – Вип. 2 (14). – С. 152-157.

6. Шквар Є.О. Гібридний метод паралельних обчислень / Є.О. Шквар // Вісник Черкаського університету. Серія «Прикладна математика. Інформатика». – Вип. 172, – 2010. – С. 123-136.

7. Овсянкін А.О. Математичне моделювання турбулентної двофазної течії під час каплярного контролю / А.О. Овсянкін, Є.О. Шквар, В.Г. Демідко, Т.В. Козлова // Вісник НАУ. – 2011. – № 1. – С. 76–83.

8. Шквар Є.О. Фізичне та математичне моделювання напівобмежених турбулентних струменевих течій на оребрених поверхнях / Є.О. Шквар, Т.В. Козлова, А.О. Бондарець // "Промислова гідравліка і пневматика". – 2011. – №1(31) – С. 35-41.

9. Шквар Є.О. Математичне моделювання регулярних вихрових структур у кутових конфігураціях обтічних поверхонь / Є.О. Шквар // Наукоємні технології – 2011. – № 1-2 (9-10) – С. 106-110.

10. Шквар Є.О. Математичне моделювання ефектів комбінованого управління турбулентними примезовими шарами / Є.О. Шквар // Вісник Черкаського університету: сер. Прикладна математика. Інформатика. – 2011. – Вип. 194. – С. 5–15.

11. Шквар Є.О. Оцінювання масштабування обчислювальної продуктивності паралельної реалізації методу великих вихорів / Є.О. Шквар // Вісник Національного авіаційного університету. – 2012. – №1(50). – С. 157–166.

12. Козлова Т.В. Математична модель гравітаційної течії в шарі стоку дощових опадів на шорсткій похилій поверхні / Є.О. Шквар, Т.В. Козлова // Вісник Академії митної служби України: сер. Технічні науки. – 2012. – №1(47). – С. 111–122.
13. Шквар Є.О. Ефективність використання технології віртуальної багатопоточності при паралельному розв'язанні рівняння Пуассона / Є.О. Шквар // Системи обробки інформації. – 2012. – Вип. 3(101). – С. 39–45.
14. Шквар Є.О. Математична модель шару стоку дощових опадів зі злітно-посадкової смуги за наявності бокового вітру / Є.О. Шквар, Т.В. Козлова // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2012. – №1(29). – С. 143–151.
15. Кравченко В.В. Мікропрофілювання обтічної поверхні як метод ефективного управління турбулентним примежовим шаром / В.В. Кравченко, Є.О. Шквар // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – Х., 2012. – Вип. 2(31). – С. 39–45.
16. Шквар Є.О. Новітні технології енергозбереження на основі методів управління вихровою структурою турбулентних течій Енергетика і автоматика. / Є.О. Шквар, Т.В. Козлова, В.В. Кравченко, О.В. Самусенко, С.О. Шевченко. – 2012. – № 2(12). – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-Journals/eia/2012_2/index.htm
17. Мовчан В.Т. Алгебро-диференціальні моделі коефіцієнта турбулентної в'язкості для пристінних течій / В.Т. Мовчан, Є.О. Шквар, Т.В. Козлова // Авиационно-космическая техника и технология. – 2012. – № 5(92). – С. 63–70.
18. Шевченко С.О. Аналіз досліджень моделювання обтікання рельєфу міської забудови / С.О. Шевченко, Є.О. Шквар // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. – Х., 2012. – Вип. 4(33). – С. 255–263.